



1c996 U.S. PRO

09/931177



08/17/01

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 100 40 209.7

Anmeldetag: 17. August 2000

Anmelder/Inhaber: LINDE AKTIENGESELLSCHAFT,
Wiesbaden/DE

Bezeichnung: Reaktor zur Durchführung einer stark wärmegeöteten
katalytischen Reaktion

IPC: B 01 J, C 07 C, C 07 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 23. Mai 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Zusammenfassung

Reaktor zur Durchführung einer stark wärmegeleiteten katalytischen Reaktion

- Die Erfindung betrifft einen Reaktor zur Durchführung einer stark wärmegeleiteten katalytischen Reaktion in einem Prozeßfluid, ausgerüstet mit in einem Abstand parallel zueinander angeordneten Platten, die in miteinander gegenüberliegenden seitlichen Begrenzungsflächen flache Kanäle bilden, wobei ein Teil der Kanäle einen festen Katalysator enthält und das Prozeßfluid leitet und ein anderer Teil der Kanäle ein Wärmeübertragungsmedium in indirektem Wärmekontakt mit dem Prozeßfluid führt.

10

Erfindungsgemäß sind die Platten (1) eben oder mit Rillen oder Rippen versehen und die Platten (1) auf der dem Prozeßfluid zugewandten Oberfläche mindestens teilweise mit dem Katalysator (6) beschichtet.

Bl. 1 / 1

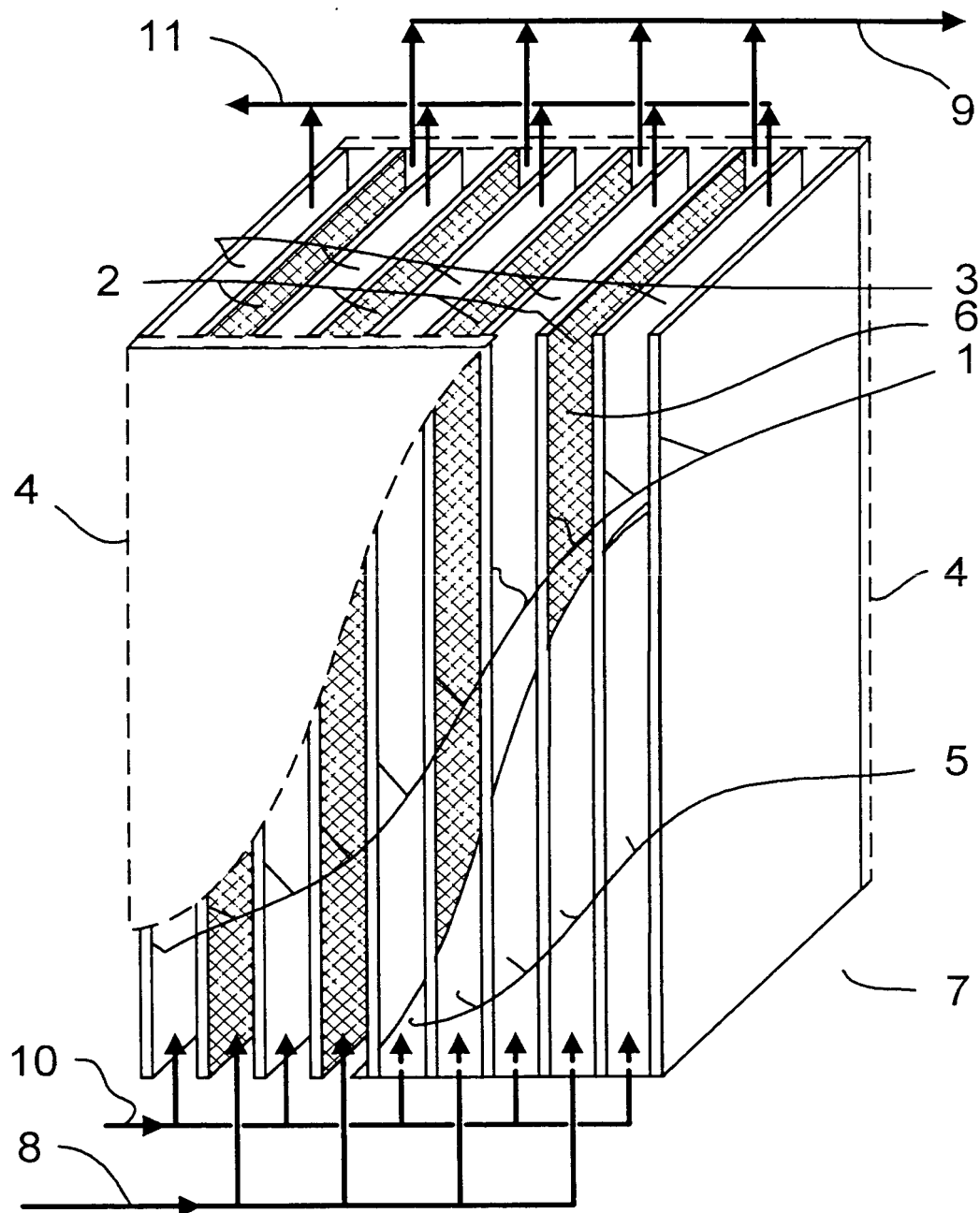


Fig.

Beschreibung

Reaktor zur Durchführung einer stark wärmegetönten katalytischen Reaktion

Die Erfindung betrifft einen Reaktor zur Durchführung einer stark wärmegetönten katalytischen Reaktion in einem Prozeßfluid, ausgerüstet mit in einem Abstand parallel zueinander angeordneten Platten, die mit einander gegenüberliegenden seitlichen Begrenzungsflächen flache Kanäle bilden, wobei ein Teil der Kanäle einen festen Katalysator enthält und das Prozeßfluid leitet und ein anderer Teil der Kanäle ein Wärmeübertragungsmedium in indirektem Wärmekontakt mit dem Prozeßfluid führt.

Katalytische Prozesse sind häufig mit hohen Energieumsätzen verbunden. Meist muss ein bestimmter Temperaturbereich eingehalten werden, um einen hohen Umsatz und eine hohe Ausbeute an erwünschten Produkten (Selektivität) zu erzielen und eine Schädigung des verwendeten Katalysators zu vermeiden. Adiabate Reaktoren mit Zwischenkühlung führen zu einer Vielzahl von Komponenten oder zu einem konstruktiv aufwendigen Reaktor. Bekannt sind auch Festbettreaktoren mit Kühl- und Heizeinrichtungen im Bett. Meist handelt es sich um Rohrbündelreaktoren mit einem Festbett und mit Wärmeträger-führenden Rohren im Festbett, wie sie in allen Standardwerken über Reaktionstechnik, beispielsweise in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, VCH 1992, Vol. 4B beschrieben sind. Ein Reaktor mit gewickelten Kühlmittelrohren im Festbett ist in M. Lehmbeck "Linde Isothermal Reactor for Methanol Synthesis" 41 (1986) Seiten 5 bis 8 veröffentlicht.

Aus der Zeitschrift Hydrocarbon Processing, March 1997, Seite 134 ist ein Röhrenreaktor mit Katalysatorpartikeln in den Rohren bekannt. Die Rohre werden auf der Mantelseite des Reaktors mit siedendem Wasser oder anderen geeigneten Wärmeträgern gekühlt. Die Aufteilung des Reaktionsraumes und der Katalysatorpartikel auf mehrere Rohre stellt sicher, dass im Falle einer Betriebsstörung eine sich selbst beschleunigende Reaktion, hervorgerufen durch örtliche Überhitzung, sich auf ein Reaktionsrohr beschränkt und nicht den ganzen Reaktor erfasst. Diese Reaktorkonstruktion hat sich bewährt, weist jedoch auch mehrere Nachteile auf.

- Der Reaktormantel muss auf den in der Praxis oft hohen Kühlmitteldruck ausgelegt sein. Dadurch ist der Mantel sehr dick und damit teuer und der Reaktor schwer zu transportieren.
- 5 - Die Rohrböden sind bei großem Durchmesser ebenfalls sehr dick und durch Wärmespannungen gefährdet.
- Die vielen Reaktionsrohre sind nur mit großem Aufwand zu befüllen. Insbesondere ist auf gleichmäßige Befüllung mit gleichem Druckverlust in den verschiedenen
10 Rohren zu achten, damit nicht ein wegen hohem Druckabfall zu wenig beaufschlagtes Reaktionsrohr überhitzt wird.
- Wegen des hohen Gewichts wird für den Reaktor meist C-Stahl verwendet, obwohl Rost damit unvermeidlich ist. Rost wirkt aber für viele Reaktionen als ein
15 Katalysatorgift.

Aus der DE 198 04 806 A1 ist ein Plattenwärmetauscher mit Katalysatorfestbett bekannt. Er enthält gekühlte Trennwände in der Schüttung. Der Reaktormantel muss nur für den Druck des Reaktionsgases ausgelegt werden, der Reaktor benötigt keine
20 Rohrböden. Er ist somit insgesamt leichter als ein Röhrenreaktor und deshalb mit geringeren Kosten auch aus Edelstahl zu fertigen.

Der der Erfindung am nächsten liegenden Stand der Technik ist in der Patentschrift US 3 528 783 offenbart. Mit gebogenen Blechen gebildete Rechteckkanäle leiten teils
25 ein Reaktionsmedium und teils einen Wärmeträger. Die Kanäle mit dem Reaktionsmedium enthalten festes Katalysatormaterial Sandwich-artig zwischen Kanälen mit dem Wärmeträger.

Diesem katalytischen Vielschichtreaktor – wie auch anderen Reaktoren mit
30 Katalysatorschüttung – haftet der Nachteil an, dass sich im Betrieb in den das Katalysatormaterial enthaltenden Kanälen quer zur Strömungsrichtung des Reaktionsmediums ein Temperaturprofil ausbildet. Dadurch kann nur eine mittlere Temperatur eingestellt werden. Ein optimaler Umsatz und eine optimale Selektivität kann deshalb prinzipiell nicht erreicht werden. Außerdem können eine örtliche
35 Überhitzung des Katalysatormaterials und ein Ausufern der Reaktion in einen

unerwünschten oder gar gefährlichen Bereich nicht ausgeschlossen werden. Der genannte Vielschichtreaktor hat außerdem den Nachteil, dass für ihn ein druckfester Außenbehälter benötigt wird.

- 5 Aufgabe der Erfindung ist es daher, diese Nachteile zu vermeiden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst von einem Reaktor mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

- 10 Kennzeichnend an der Erfindung ist, dass die Platten eben sind oder mit Rillen oder Rippen versehen sind und auf der dem Prozeßfluid zugewandten Oberfläche mindestens teilweise mit dem Katalysator beschichtet sind. Mit dem erfindungsgemäßen Reaktor kann sich ein nennenswertes Temperaturprofil quer zur Strömungsrichtung nicht ausbilden, da die Wärmezufuhr oder -abfuhr auf kürzestem
- 15 Wege nämlich über die Platten und die auf den Platten aufgetragene Schicht an das Wärmeträgermedium erfolgt. Noch leichter als bei Kanälen (oder Rohren) mit Katalysatorschüttung wird außerdem eine gleichmäßige Durchströmung aller Kanäle erreicht. Mit nur teilweiser Beschichtung können in Teilen des Reaktors Wärmeübertragungszonen ohne katalytische Reaktion ausgebildet werden.

- 20 Bei einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Reaktors können vorteilhafterweise die seitlichen Begrenzungsflächen als Mantelstücke ausgebildet sein, die mit den Platten und Sammlern für das Prozeßfluid und für das Wärmeübertragungsmedium einen druckfesten quaderförmigen Block mit Kanälen bilden. Der Vorteil besteht darin,
- 25 dass der Reaktor sowohl auf der Prozeßfluidseite als auch auf der Wärmeträgerseite mit Betriebsdrücken von mehr als 25 bar beaufschlagt sein kann.

- Die das Prozeßfluid leitenden Kanäle können gewellte oder gefaltete Bleche (fins) enthalten, die Durchgänge für das Prozeßfluid ausbilden. Der Wärmeübergang
- 30 zwischen den Prozeßfluid und dem Wärmeträger wird durch die fins verbessert.

Die fins können gelocht sein und so eine Strömungsverbindung zwischen den Durchgängen ausbilden.

Die fins können beidseitig mindestens teilweise mit Katalysatormaterial beschichtet sein. Bei gleicher Dicke der Beschichtung wird auf diese Art pro Reaktorvolumen mehr wirksame Katalysatoroberfläche installiert.

- 5 Die Katalysatorschicht kann ein Trägermaterial enthalten.

Die Katalysatorschicht kann eine Schichtdicke zwischen 1 und 500 μm , bevorzugt zwischen 10 und 100 μm , besitzen.

- 10 Der erfindungsgemäße Reaktor kann aus Aluminium oder aus Stahl oder Edelstahl gefertigt sein.

Eine besonders vorteilhafte Verwendung erfährt der erfindungsgemäße Reaktor, wenn im Reaktor eine endotherme oder eine exotherme Reaktion durchgeführt wird. Ohne

- 15 die Verwendbarkeit des Reaktors auf die nun folgenden Beispiele zu beschränken, kommen z. B. folgende Verwendungen in Betracht.

Der erfindungsgemäße Reaktor kann mit Vorteil verwendet werden bei der

- 20 - Methanolsynthese,
- Synthese höherer Alkohole,
- Hydrierung von Kohlenwasserstoffen,
- selektiven Hydrierung von C_2H_2 zu C_2H_4 ,
- nicht-selektiven Hydrierung von C_2H_4 zu C_2H_6 ,
25 - Methanisierung oder Methansynthese,
- Kohlenmonoxid-Konvertierung,
- Fischer-Tropsch-Synthese
- Epoxidierung,
- Synthese von Ethylenoxid,
30 - Claus-Reaktion,
- Direktoxidation von H_2S zu Schwefel,
- Oxidation von SO_2 zu SO_3
- oder bei der NH_3 -Synthese.

- 35 Beispiel

Bei einer selektiven Hydrierung von Acetylen zu Ethylen mit einem erfindungsgemäßen Reaktor mit fins und den Betriebsdaten

5	Druck	31 bar
	Temperatur	70-80 °C
	Durchsatz	170 000 kg/h

und unter Einsatz von flüssigem Butan zur Kühlung wird ein Reaktor mit 13 m³

10 Volumen

	Länge	6 m
	Breite	1,2 m
	Tiefe	1,8 m

15

Gewicht ohne Katalysator 16 t

benötigt, der in den Katalysator-beschichteten Kanälen einen Druckabfall von etwa 150 mbar besitzt. Ein vergleichbarer Reaktor nach dem Stand der Technik besitzt ein um
20 den Faktor 4 bis 10 größeres Volumen.

Die Erfindung wird anhand einer Ausführungsform mit einer Figur näher erläutert.

Die Figur zeigt einen erfindungsgemäßen Reaktor in dreidimensionaler Darstellung.

25

Schematisch dargestellt ist in der Figur der prinzipielle Aufbau eines solchen Reaktors. Die Funktion des Reaktors wird anhand des Beispiels der selektiven Hydrierung von Acetylen zu Ethylen beschrieben.

30 In einem Abstand parallel zueinander angeordnete Platten 1 bilden mit einander gegenüberliegenden seitlichen Begrenzungsflächen Kanäle 2 für ein Prozeßfluid und Kanäle 3 für ein Kühlmedium. Die Begrenzungsflächen können als Platten 4 (in der Figur gestrichelt dargestellt) oder als Stege 5 zwischen den Platten 1 und/oder (in der Figur nicht dargestellt) zwischen fins und den Platten 1 ausgeführt sein. Die
35 Plattenoberflächen im Inneren der das Prozeßfluid führenden Kanäle sind mit

Katalysatormaterial 6 beschichtet. Nicht in der Figur dargestellt sind Sammler für das Prozeßfluid und das Kühlmedium, die zusammen mit den Platten einen formstabilen und druckfesten Reaktor 7 bilden.

- 5 Dem Reaktor 7 wird beispielsweise ein Acetylen-haltiger Strom 8 zugeführt. In den Kanälen 2 wird an dem Katalysatormaterial 6 das Acetylen zu Ethylen hydriert und ein Strom 9 mit dem Ethylen gewonnen. Die am Katalysatormaterial gebildete Prozeßwärme wird über die Platten an flüssiges Butan abgeführt, das mit dem Strom 10 den Kanälen 3 zugeführt wird, bei der Wärmeaufnahme dort verdampft und als
10 gasförmiger Strom 11 abgeführt wird.

- 15 Durch die Wärmeabfuhr direkt am Entstehungsort werden Nebenreaktionen wie die Bildung von Ethan oder von Oligomeren (z. B. Anthracenöl oder Grünöl) weitgehend vermieden und bei einem sicheren Betrieb des erfindungsgemäßen Reaktors eine hohe Ethylenausbeute erzielt.

Patentansprüche

1. Reaktor zur Durchführung einer stark wärmegetönten katalytischen Reaktion in einem Prozeßfluid, ausgerüstet mit in einem Abstand parallel zueinander angeordneten Platten, die mit einander gegenüberliegenden seitlichen Begrenzungsflächen flache Kanäle bilden, wobei ein Teil der Kanäle einen festen Katalysator enthält und das Prozeßfluid leitet und ein anderer Teil der Kanäle ein Wärmeübertragungsmedium in indirektem Wärmekontakt mit dem Prozeßfluid führt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten eben sind oder mit Rillen oder Rippen versehen sind und auf der dem Prozeßfluid zugewandten Oberfläche mindestens teilweise mit dem Katalysator beschichtet sind.
2. Reaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die seitlichen Begrenzungsflächen als Mantelstücke ausgebildet sind, die mit den Platten und Sammlern für das Prozeßfluid und für das Wärmeübertragungsmedium einen druckfesten quaderförmigen Block mit Kanälen bilden.
3. Reaktor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die das Prozeßfluid leitenden Kanäle gewellte oder gefaltete Bleche (fins) enthalten, die Durchgänge für das Prozeßfluid ausbilden.
4. Reaktor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die fins gelocht sind und damit eine Strömungsverbindung zwischen den Durchgängen ausbilden.
5. Reaktor nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die fins beidseitig mindestens teilweise mit Katalysatormaterial beschichtet sind.
6. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Katalysatorschicht ein Trägermaterial enthält.
7. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Katalysatorschicht eine Schichtdicke zwischen 1 und 500 µm besitzt.
8. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Katalysatorschicht eine Schichtdicke zwischen 10 und 100 µm besitzt.

9. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor aus Aluminium gefertigt ist.
- 5 10. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor aus Stahl oder Edelstahl gefertigt ist.
- 10 11. Verwendung des Reaktors nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Reaktor eine endotherme oder eine exotherme Reaktion durchgeführt wird.
12. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 11 bei der Methanolsynthese oder der Synthese höherer Alkohole.
- 15 13. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 11 bei der Hydrierung von Kohlenwasserstoffen.
14. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 13 bei der selektiven Hydrierung von C_2H_2 zu C_2H_4 .
- 20 15. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 13 bei der nicht-selektiven Hydrierung von C_2H_4 zu C_2H_6 .
- 25 16. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 11 bei der Methanisierung oder bei der Methansynthese.
17. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 11 bei der Kohlenmonoxid-Konvertierung.
- 30 18. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 11 bei der Fischer-Tropsch-Synthese.
19. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 11 bei der Epoxidierung.
20. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 19 bei der Synthese von Ethylenoxid.

21. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 11 bei der Claus-Reaktion.

22. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 11 bei der Direktoxidation von H_2S zu Schwefel.

5

23. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 11 bei der Oxidation von SO_2 zu SO_3 .

24. Verwendung des Reaktors nach Anspruch 11 bei der NH_3 -Synthese.

Bl. 1 / 1

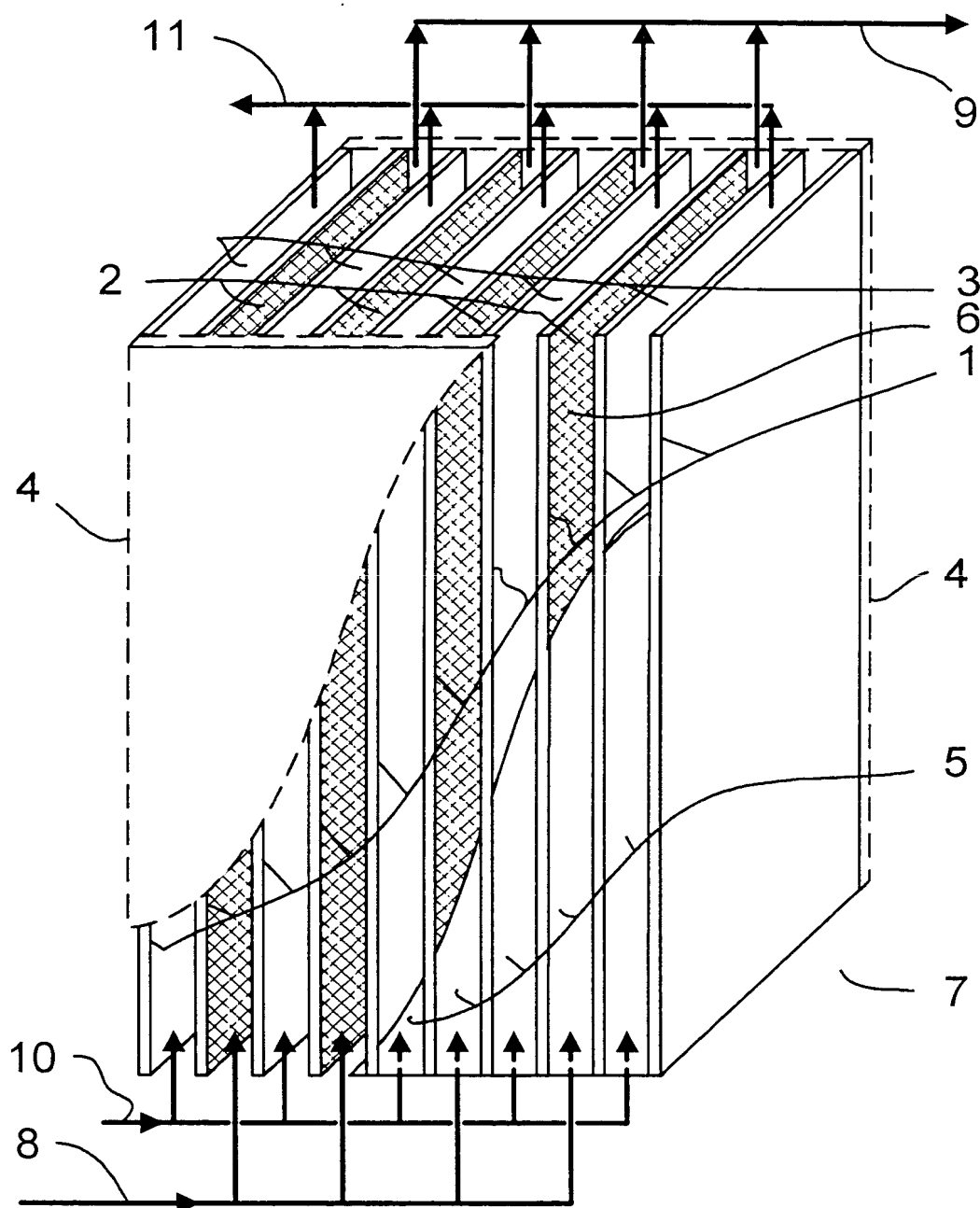


Fig.